

**АГРОФИЗИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ОСУШЕННОГО
ДНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ ГАЛОФИТАМИ**

Ажиев Алишер Бахтыбаевич – доктор биологических наук (DSc), профессор

alishiev@mail.ru

Алламбергенова Нуржайна Бектургановна – самостоятельный исследователь

Нукусский государственный педагогический институт имени Ажинияза

Мамарахимов Ойбек Мурадович – кандидат биологических наук, доцент

oybekmamarahimov74@gmail.com

Национальный Университет Узбекистана

**ОРОЛ ДЕНГИЗИ ҚУРИГАН ТУБИ ТУПРОҚЛАРИНИНГ АГРОФИЗИК ВА АГРОКИМЁВИЙ
ХУСУСИЯТЛАРИ ҲАМДА УЛАРНИ ГАЛОФИТЛАР БИЛАН ФИТОМЕЛИОРАТСИЯ
ҚИЛИШ ИСТИҚБОЛЛАРИ**

Ажиев Алишер Бахтибаевич – биология фанлари доктори (DSc), профессор

Алламбергенова Нуржайна Бектургановна – мустақил тадқиқотчи

Ажиниёз номидаги Нукус давлат педагогика институти

Мамарахимов Ойбек Мурадович – биология фанлари номзоди, доцент

Ўзбекистон Миллий университети

**AGROPHYSICAL AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOILS OF THE DRIED BOTTOM
OF THE ARAL SEA AND PROSPECTS FOR THEIR PHYTOMELIORATION WITH HALOPHYTES**

Ajiev Alisher Baxtibaevich - Doctor of Biological Sciences (DSc), Professor

Allambergenova Nurzhayna Bekturganovna – independent researcher

Nukus State Pedagogical Institute named after Azhiniyaz

Mamaraximov Oybek Muradovich – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

National University of Uzbekistan

Таянч сўзлар: Орол денгизи қуриган туби, Оролқум, агрофизик хусусиятлар, агрокимёвий хусусиятлар, ҳажмий масса, ғоваклик, шўрланиш, галофитлар, фитомелиоратсия, Қорақалпоғистон, Жанубий Оролбўйи.

Резюме. Мақолада Орол денгизи қуриган туби тупроқларининг агрофизик ва агрокимёвий хусусиятларини 2022–2023-йилларда «0-нуқта» экспериментал майдонида (Қорақалпоғистон Республикаси Мўйноқ тумани) ўтказилган комплекс кўп йиллик тадқиқотлар натижалари келтирилган. Тупроқлар юқори ҳажмий массага (1,41–1,76 г/см³), паст умумий ғовакликка (34,8–56,4 %), жуда паст гумус микдори (0,5–0,8 % дан кам) ҳамда азот, фосфор ва калийнинг ҳаракатчан шакллари, шунингдек кучли сульфат-хлорид ва хлорид-сульфат шўрланишига (сув экстракти қуруқ қолдиғи 0,74–3,65 %) эга эканлиги аниқланган. Тадқиқот даври иқлим шароитлари атмосфера ёгинларининг экстремал камлиги (2022-йилда 0,6 мм ва 2023-йил январ–апрел ойларида 3,8 мм) ва юқори бугланиш билан ажралиб турган. Олинган маълумотлар тузга чидамли ва қурқоқчиликка чидамли галофитлар, гидрогеллар ҳамда тупроқни ишлов бермасдан экиш технологияларидан фойдаланган ҳолда махсус фитомелиоратсия усулларини қўллаш зарурлигини илмий асослаш имконини беради.

Ключевые слова: осушенное дно Аральского моря, Аралқум, агрофизические свойства, агрохимические свойства, объёмная масса, пористость, засоление, галофиты, фитомелиорация, Каракалпакстан, Южное Приаралье.

Резюме. В статье представлены результаты комплексных многолетних исследований агрофизических и агрохимических свойств почв осушенного дна Аральского моря на экспериментальном участке «0-точка» (Муынакский район Республики Каракалпакстан) за период 2022–2023 гг. Установлено, что почвы характеризуются высокой объёмной массой (1,41–1,76 г/см³), низкой общей пористостью (34,8–56,4 %), крайне низким содержанием гумуса (менее 0,5–0,8 %) и подвижных форм азота, фосфора и калия, а также сильным сульфатно-хлоридным и хлоридно-сульфатным засолением (сухой остаток водной вытяжки 0,74–3,65 %). Климатические условия периода исследований отличались экстремально малым количеством атмосферных осадков (0,6 мм в 2022 г. и 3,8 мм в январе–апреле 2023 г.) и высокой испаряемостью. Полученные данные позволяют научно обосновать необходимость применения специализированных технологий фитомелиорации с использованием солеустойчивых и засухоустойчивых галофитов, гидрогелей и посева без обработки почвы.

Key words: dried Aral Sea bottom, Aralkum, agrophysical properties, agrochemical properties, bulk density, porosity, salinization, halvophytes, phytomelioration, Karakalpakstan, Southern Aral Sea region.

Summary. The article presents the results of comprehensive multi-year studies of the agrophysical and agrochemical properties of soils on the dried bottom of the Aral Sea at the experimental site “0-point” (Muynak district of the Republic of Karakalpakstan) for the period 2022–2023. It was established that the soils are characterized by high bulk density (1.41–1.76 g/cm³), low total porosity (34.8–56.4 %), extremely low content of humus (less than 0.5–0.8 %) and mobile forms of nitrogen, phosphorus and potassium, as well as strong sulfate-chloride and chloride-sulfate salinization (dry residue of water extract 0.74–3.65 %). Climatic conditions during the study period were distinguished by extremely low precipitation (0.6 mm in 2022 and 3.8 mm in January–April 2023) and high evaporation. The obtained data make it possible to scientifically substantiate the need for specialized phytomelioration technologies using salt – and drought-tolerant halvophytes, hydrogels and no-till seeding.

Введение. Осушение Аральского моря является одной из крупнейших экологических катастроф современности. За последние шесть десятилетий площадь водного зеркала сократилась более чем в 10 раз, а на месте бывшего моря сформировалась новая пустыня – Аралкум, площадь которой превышает 5 млн га. Эти территории характеризуются крайне неблагоприятными почвенно-климатическими условиями: сильным засолением, низкой обеспеченностью элементами питания, высокой плотностью сложения почв, интенсивной ветровой эрозией и крайне малым количеством атмосферных осадков [1:6-8; 2:19-23].

Ежегодно с поверхности осушенного дна в атмосферу поднимаются десятки миллионов тонн солёной пыли, которая распространяется на сотни километров и негативно влияет на здоровье населения, состояние сельскохозяйственных угодий и экосистемы всего Центральноазиатского региона. В связи с этим Правительством Республики Узбекистан принят ряд важных документов, направленных на создание «зелёных покрытий» – защитных лесонасаждений и пастбищ на осушенном дне Аральского моря [3].

Флора Республики Каракалпакстан насчитывает около 1100 видов высших растений, относящихся к 467 родам и 97 семействам [5:74; 6:31-39]. Значительную часть флоры составляют галофиты и псаммофиты, адаптированные к условиям высокого засоления и дефицита влаги. По данным многолетних исследований А.Б. Ажиева и соавторов, среди хозяйственно ценных групп дикорастущих растений региона ведущими семействами по числу видов являются *Chenopodiaceae* (22 вида), *Roaceae* (21 вид), *Fabaceae* (14 видов), *Brassicaceae* (11 видов) и *Polygonaceae* (10 видов) [6:31-39; 7:14-16]. Эти виды представляют значительный интерес для фитомелиорации засоленных земель.

Несмотря на наличие определённого объёма научных данных по флоре и растительности Южного Приаралья, комплексные исследования агрофизических и агрохимических свойств почв конкретных экспериментальных участков на осушенном дне Арала с привязкой к технологиям посева галофитов остаются недостаточными. Это определяет актуальность настоящей работы.

Цель исследования – дать детальную характеристику агрофизических и агрохимических свойств почв экспериментального участка «0-точка» и на этой основе обосновать перспективы их освоения с использованием галофитов.

Обзор литературы. Изучению флоры и растительности Каракалпакстана посвящено значительное количество работ. А.Б.Ажиев с коллегами провели детальный анализ распределения хозяйственно ценных дикорастущих сородичей культурных растений [5:74; 6:31-39; 7:14-16]. Было установлено, что флора республики содержит 128 видов, родственных культурным растениям, относящихся к 85 родам и 24 семействам. Работы по эндемичным видам показали, что строго каракалпакские эндемы составляют всего 9 видов (0,91 % флоры), а субэндемы – 167 видов (17,1 %) [8:84-88].

Значительный вклад в изучение галофитной растительности внесли исследования, посвящённые адаптации растений к различным типам засоления [9:23-27; 10]. Показано, что галофиты являются средообразующим компонентом засоленных территорий и способны накапливать в тканях значительные количества солей. Данные о климате и почвах осушенного дна Арала приводятся в ряде отчётов и статей последних лет [1:19-23; 11:102-103].

Однако большинство существующих работ носят либо флористический, либо общий мелиоративный характер. Комплексных данных по агрофизике и агрохимии почв конкретных экспериментальных участков с детальной характеристикой по слоям и привязкой к технологиям фитомелиорации до настоящего времени было недостаточно.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в 2022-2023 годах на экспериментальном участке «0-точка», расположенном на осушенном дне Аральского моря в Муйнакском районе Республики Каракалпакстан. Участок является типичным для обширных пространств Аралкума.

Отбор почвенных образцов проводили по генетическим горизонтам и послойно (0-10, 10-20, 20-30, 30-50, 50-70, 70-100 см) в трёхкратной повторности. Образцы отбирали как в осенний (2022 г.), так и в весенний (2023 г.) периоды.

Определение агрофизических показателей выполняли по общепринятым методикам. Объёмную массу почвы определяли методом режущего кольца (цилиндры объёмом 100 см³). Удельную массу определяли пикнометрическим методом. Общую пористость рассчитывали по формуле:

$$П = (1 - d_v / d) \times 100 \%,$$

где d_v – объёмная масса, d – удельная масса почвы.

Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом при температуре 105 °С до постоянной массы.

Содержание гумуса определяли по методу И.В.Тюрина в модификации ЦИНАО. Подвижные формы азота определяли по методу Гранвальд-Ляжу, подвижный фосфор – по методу Б.П.Мачигина в модификации ЦИНАО, обменный калий – методом пламенной фотометрии.

Водную вытяжку готовили в соотношении почва: вода = 1 : 5. В вытяжке определяли сухой остаток (выпариванием), ионы гидрокарбоната (титрованием), хлора (аргентометрически), сульфата (весовым или турбидиметрическим методом), кальция и магния (комплексометрически), натрия и калия (пламенной фотометрией). Реакцию почвенного раствора (рН) определяли потенциометрически.

Климатические данные получены с авиаметеорологической станции Муйнак Каракалпакского гидрометцентра. Статистическую обработку результатов проводили методом дисперсионного анализа по Б.А.Доспехову [12].

Результаты исследований.

Климатические условия периода исследований. По данным метеостанции Муйнак, 2022 год характеризовался экстремально засушливыми условиями.

Среднегодовая температура воздуха составила 12,5° С. Среднемесячные температуры варьировали от отрицательных значений в зимние месяцы до +28...+30,2° С в июле-августе. Относительная влажность воздуха в среднем за год составила 47,1 %. Средняя скорость ветра – 4,4 м/с, при этом отмечались частые пыльные бури со скоростью ветра более 10-15 м/с. Количество атмосферных осадков за весь 2022 год составило всего 0,6 мм.

В январе–апреле 2023 года средняя температура воздуха составила 4,9° С, количество осадков – 3,8 мм, относительная влажность воздуха – 55,7 %. Такие условия делают традиционное земледелие на данном участке практически невозможным и определяют необходимость использования только высокоустойчивых к засухе и засолению растений [1:19-23].

Агрофизические свойства почв. Результаты определения объёмной массы и пористости почв по слоям (усреднённые данные за осенний и весенний периоды) представлены в таблице 1.

Таблица 1. Объёмная масса и общая пористость почв экспериментального участка «0-точка» (2022–2023 гг.)

Слой почвы, см	Объёмная масса, г/см³	Общая пористость, %
0-10	1,41-1,48	48,0-56,4
10-20	1,45-1,55	44,0-52,0
20-30	1,50-1,62	40,0-48,0
30-50	1,58-1,70	36,0-44,0
50-70	1,62-1,72	35,0-41,0
70-100	1,65-1,76	34,8-40,0

Из данных таблицы 1 видно, что почвы экспериментального участка характеризуются высокой плотностью сложения уже с верхних горизонтов. В слое 0-30 см объёмная масса составляет в среднем 1,42-1,55 г/см³, а в нижних горизонтах достигает 1,65-1,76 г/см³. Общая пористость соответственно снижается с 48-56 % в верхнем слое до 34,8-40 % в слое 70-100 см. Такие показатели свидетельствуют о неблагоприятных условиях для развития корневых систем большинства растений и способствуют быстрому иссушению верхнего слоя, а также усилению процессов ветровой эрозии [1:39-44; 13:90].

Агрохимические свойства и характер засоления. Содержание гумуса во всех исследованных горизонтах оказалось крайне низким и не превышало 0,5-0,8 %. Обеспеченность подвижными формами азота, фосфора и калия – очень низкая и низкая.

Сухой остаток водной вытяжки в корнеобитаемом слое (0-50 см) варьировал от 0,74 до 3,65 %. Тип засоления преимущественно сульфатный, хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный. В отдельных образцах отмечалось повышенное содержание ионов натрия. Реакция почвенного раствора слабощелочная (рН 7,51-7,60) [1:45-52; 14:103-104].

Таблица 2. Основные агрохимические показатели и характер засоления почв участка «0-точка» (слой 0–50 см)

Показатель	Значение
Гумус, %	< 0,5-0,8
Подвижный азот	очень низкое
Подвижный фосфор	очень низкое / низкое
Обменный калий	низкое
Сухой остаток, %	0,74-3,65
рН водной вытяжки	7,51-7,60
Преобладающий тип засоления	сульфатный, хлоридно-сульфатный, сульфатно-хлоридный

Обсуждение результатов. Полученные нами данные полностью согласуются с результатами других исследователей, работавших на осушенном дне Аральского моря [11:102-103; 15]. Высокая плотность сложения, низкая пористость и сильное засоление создают крайне неблагоприятные условия для большинства культурных растений. В то же время эти свойства позволяют успешно использовать специализированные галофиты (*Haloxylon persicum*, *Climacoptera lanata*, *Halostachys caspica*, *Salsola richteri*, *Atriplex* spp. и др.), которые в процессе эволюции выработали механизмы устойчивости к высокой концентрации солей и острому дефициту влаги.

Работы А.Б.Ажиева подтверждают наличие в регионе значительного потенциала хозяйственно ценных галофитов и псаммофитов, которые могут быть использованы как в фитомелиорации, так и для создания устойчивой кормовой базы [6:31-39; 7:14-16]. Полученные нами детальные характеристики почв по слоям позволяют более обоснованно подбирать ассортимент видов и технологии их посева.

Выводы

1. Почвы осушенного дна Аральского моря (экспериментальный участок «0-точка») характеризуются неблагоприятными агрофизическими свойствами: высокой объёмной массой (1,41-1,76 г/см³) и низкой общей пористостью (34,8-56,4 %), особенно в нижних горизонтах.

2. Агрохимические свойства почв крайне неблагоприятны: очень низкое содержание гумуса (менее 0,5-0,8 %) и подвижных форм питательных элементов, сильное сульфатно-хлоридное и хлоридно-сульфатное засоление (сухой остаток до 3,65 %).

3. Климатические условия 2022-2023 гг. отличались экстремально малым количеством атмосферных осадков (0,6-3,8 мм), что дополнительно усложняет приживаемость растений.

4. Для успешного освоения этих земель необходимы специализированные технологии фитомелиорации с использованием галофитов, гидрогелей, стимуляторов роста и посева без обработки почвы современной сеялкой.

5. Полученные данные могут служить научной основой для разработки практических рекомендаций по созданию зелёных покрытий и кормовых угодий в Южном Приаралье.

Литература

1. Ajiiev A.B., Mambetullayeva S.M., Orazbayev T.J. The current state of the soil cover formed on the dried-up bottom of the Aral sea. // *Lampyrid* 2023: Volume 13. – P. 403-412.
2. Мирзиёев Ш.М. Еркин ва фаровон демократик Ўзбекистон давлатини биргаликда барпо этамиз. – Тошкент: «Ўзбекистон», 2020.
3. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 24.12.2019 г. «О мерах по созданию зелёных покрытий на осушенном дне Аральского моря».
4. Указ Президента Республики Узбекистан ПФ-5041 от 11.05.2017 г.
5. Ажиев А.Б., Хожиматов О.Х., Алменова Г.П. Распределение родственных культурным диким растений в экономически важные группы в Республике Каракалпакстан. // *Международный научно-исследовательский журнал*, 2019, № 2(80). – С. 74-78.
6. Ажиев А.Б., Баходирова Д.Б., Назарбаева Г.А. Анализ распределения хозяйственно-ценных видов дикорастущих сородичей культурных растений Республики Каракалпакстан. // *Проблемы современной науки и образования*, 2021. – С. 31-39.
7. Ажиев А., Назарбаев Г., Бахадирова Д. Анализ распределения хозяйственных видов дикорастущих растений сородичей культурных растений Республики Каракалпакстан. // *Проблемы современной науки и образования*, 2021. – С. 14-16.
8. Отенова Ф.Т., Кошмаганбетова Ш.А., Нурмахашева Г.С. Экологическое изучение эндемичных растений Каракалпакстана для сохранения их генофонда. // *Academy*, 2018. №5(32). – С. 11-13.
9. Кошкараров Б.П. Экологическая характеристика галофитных растений Республики Каракалпакстан. // *Экономика и социум*, 2025, №1-1(128). – С. 936-940.
10. Растения-галофиты, растущие на почвах разнокачественного типа засоления в Каракалпакстане. // *Universum: химия и биология*.
11. Мамбетназаров Б., Бисенбаева Н. Арал тенизинин кургаган жерлерин топырак мелиоративлик районластырыў. Материалы конференции. 2023. – С. 102-103.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – Москва: «Колос», 1985 (переиздание 2000).
13. Приложение 1 к отчёту проекта. Таблицы объёмной массы и пористости. 2023. – С. 90.
14. Мамбетназаров Б.С., Отеулиев Ж.Б. и др. Химический состав почв «0-точки». Материалы конференции. – Нукус, 2023. – С. 103–104.
15. Жоллыбеков Б. Изменение почвенного покрова Южного Приаралья. – Нукус: «Билим», 1995.
16. Данные Каракалпакского гидрометцентра, авиаметеорологическая станция Муйнак, 2022-2023 гг.
17. Методика агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в поливных районах. – Ташкент.
18. Ережепов С.Е. Флора Каракалпакии, её хозяйственная характеристика, использование и охрана. – Ташкент: «Фан», 1978.